Aus der Abteilung für Vorklinische Prothetik,
Leiter: Professor Dr. Klaus Lehmann,
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Philipps-Universität Marburg

Geschäftsführender Direktor:
Professor Dr. Dr. Hans-Jürgen Hering

DIE WIEDERGABE DES PFEILERABSTANDES BEI DER ABFORMUNG FÜR FESTSITZENDEN ZAHNERSATZ IN ABHÄNGIGKEIT VON ABFORMMETHODE UND ABFORMMATERIAL

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

JOHANNES LINDEMANN
aus Essen

Marburg 1979

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg

Aus der Abteilung für Vorklinische Prothetik,
Leiter: Professor Dr. Klaus Lehmann,
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Philipps-Universität Marburg

Geschäftsführender Direktor:
Professor Dr. Dr. Hans-Jürgen Hering

DIE WIEDERGABE DES PFEILERABSTANDES BEI DER ABFORMUNG FÜR FESTSITZENDEN ZAHNERSATZ IN ABHÄNGIGKEIT VON ABFORMMETHODE UND ABFORMMATERIAL

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

JOHANNES LINDEMANN

aus Essen

Marburg 1979

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Angenommen vom Fachbereich Medizin der
Philipps-Universität Marburg am 28.5.1979
gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches

Dekan: Prof. Dr. F. Neurath

Referent: Prof. Dr. K. Lehmann

Correferent: Prof. Dr. G. Ahrens

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Literaturübersicht	3
3. Material und Methode	5
3.1. Materialien	5
3.2. Versuchsanordnung	7
3.2.1. Prüfkörper und Materialträger	7
3.2.2. Abformverfahren	12
3.2.3. Modellherstellung	15
3.2.4. Ausmessen der Modelle	17
3.2.5. Auswertungsverfahren	17
4. Ergebnisse	19
5. Diskussion	50
6. Zusammenfassung	59
7. Literaturverzeichnis	60
8. Versuchsprotokolle	62

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546027_0057

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Bei der Anfertigung von festsitzendem Zahnersatz werden bei den einzelnen Arbeitsgängen verschiedene Materialien benutzt, bei deren Anwendung es aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften zu Ungenauigkeiten und Fehlern kommen kann. Bei der Kronen- und Brückentechnik liegen diese Fehlerquellen im Dimensionsverhalten der Arbeitsmaterialien wie Abdruckmassen, Modellmaterial, Modellierwachs, Einbettmasse und Edelmetall. Addieren sich einige dieser Fehlermöglichkeiten, so wird der angefertigte Zahnersatz nicht eingegliedert werden können. Insbesondere an die heute bei der Kronen- und Brückentechnik verarbeiteten Abdruckmaterialien werden hohe Anforderungen an die Abform- und Wiedergabegenauigkeit gestellt (5.14).

Allerdings ist es schon seit 1928 möglich, mit Hilfe der Hydrokolloid-Technik eine äußerst genaue Abdrucknahme von Kronen- und Brückenpräparationen zu erzielen. Nach A. GUTOWSKI (8) ist die Genauigkeit der Abformung mit Hydrokolloiden bis heute unerreicht. Dennoch hat sich dieses reversibel-thermoplastische Abdruckmaterial noch nicht allgemein durchgesetzt, vermutlich aufgrund der strengen Verarbeitungsvorschriften.

Noch vor einigen Jahren wurde die Abformung der präparierten Pfeiler zumeist nach der Kupferring-Kerr-Technik oder mit Kupferringen und gummielastischen Massen vorgenommen. Jedoch sind laufend Versuche unternommen worden, diese arbeitsaufwendige Methode, die eine Reihe von Fehlermöglichkeiten und Ungenauigkeiten beinhaltet, zu vereinfachen und zu verbessern. Ein wichtiger Schritt zur Ver-

einfachung war der Doppelabdruck, den STAHL (19) 1956 beschrieb. Hier wurde anstelle der Einzelabformung der beschliffenen Stümpfe mit Kupferringen der gesamte Zahnbogen über einen Erstabdruck aus dem thermoplastischen Material Stents in einem Zweitabdruck mit einer gummielastischen Masse abgeformt. Das bedeutete zwar eine Arbeitserleichterung und Zeitersparnis, jedoch befriedigte das Doppelabdruckverfahren nicht. Zwischen den beiden verwendeten Materialien ließ sich keine sichere mechanische oder chemische Verbindung herstellen. Neun Jahre später modifizierte HOFMANN (9) den Doppelabdruck. Bei seinem Korrekturabformverfahren arbeitete er mit zwei verschiedenen Silikonen, einem festen und einem dünnfließenden Silikon. Durch den Erstabdruck mit dem festen Silikon erreichte er bereits eine hohe Abformgenauigkeit. Das leichtfließende Silikon wurde auf nur unzureichend wiedergegebene Partien des Erstabdrucks aufgebracht. Um einen Überschuß und dadurch einen Stau des Korrekturmaterials zu vermeiden, wurden in die Erstabformung Abflußrillen angebracht.

Eine weitere Methode ist das Doppelmischverfahren (BÖTTGER, 2). Bei gleichzeitiger Anwendung beider Silikonmassen werden Verpressungen vermieden, es sind jedoch Schwierigkeiten bei der Abformung des sulcus gingivae und der Präparationsgrenze zu erkennen. In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, welche Genauigkeit einige der heute im Handel befindlichen irreversibelen gummielastischen Abdruckmaterialien erreicht haben.
Zwei verbreitete Materialien werden außerdem untersucht im Hinblick auf Unterschiede bei verschiedenen Abformmethoden. Geprüft werden:

1. der Doppelmischdruck
2. der Korrekturabdruck mit Abflußrillen
3. der Korrekturabdruck ohne Abflußrillen.

2. LITERATURÜBERSICHT

Nachdem verschiedene Autoren wie E. STAHL (19), H. BÖTTGER (2) und A. KRÖNKE (12) ihren guten praktisch-klinischen Erfahrungen mit gummielastischen Abdruckmaterialien Ausdruck verliehen hatten, folgten Anfang der 60-er Jahre auch wissenschaftliche Untersuchungen über Abdruckmassen auf Silikon-, Polisulfid- und Poliätherbasis. So beschäftigten sich eine Reihe von Autoren mit dem Form- und Dimensionsverhalten der gummielastischen Materialien. Zu erwähnen sind hier die Arbeiten von G. AHRENS und R. NAUJOCS (1), J. STÜBEN und W. HOPPE (20) R. GERATS (7), R. LOHMILLER (13) sowie von E. KÖRBER und K.M. LEHMANN (11). Diese Autoren stellten von vereinfachten Prüfkörpern wie Stahlkugeln, stilisierten Kavitäten, Kronenstümpfen oder Brücken Gipsmodelle her, die exakt vermessen wurden.

Eine wichtige Untersuchung in diesem Zusammenhang ist eine 1968 veröffentliche Untersuchung von M. HOFMANN und P. LUDWIG (10). Dieser Arbeit liegen Abdruckserien mit verschiedenen Materialien an einem Brückenmodell zugrunde. Zunächst bestätigen die Autoren die von M. HOFMANN (9) vorgeschlagenen Verarbeitungsangaben für den Korrekturabdruck. Darüberhinaus vergleichen sie die verschiedenen Abformverfahren mit dem Ergebnis, daß der Korrekturabdruck mit Abflußrillen die günstigsten Resultate liefert.

Sie beschäftigen sich weiterhin mit den Dimensionsänderungen der einzelnen Abformungen in Abhängigkeit von dem Zeitpunkt, zu dem die Abdrücke ausgegossen werden. Die zeitabhängige Verformung der Abdruckmaterialien wurde durch Schrumpfung der Silikone

zu den Wänden der perforierten Abdrucklöffel beziehungsweise zum Massenzentrum erklärt.

Die aktuellste Arbeit ist eine Dissertation von H.-O. BURGDORF (4), der bei der gleichen Versuchsanordnung wie E. KÖRBER und K.M. LEHMANN (11) verschiedene Abdruckmaterialien und Abformverfahren über Abdrücke an einem Einzelstumpfmodell untersucht. Er kommt zu dem Ergebnis, daß die Genauigkeit der Abformung sowohl von der Methode als auch vom Material abhängig ist. Die genauesten Resultate wurden durch den Doppelmischabdruck erzielt. Die Ergebnisse von KÖRBER und LEHMANN wurden somit weitgehend bestätigt.

Die umfangreichste und bedeutendste Untersuchung über elastomere Abformmaterialien veröffentlichte 1977 H. MEINERS (15). Er erörtert chemische, physikalische und klinisch-technische Probleme der Abdrucknahme mit gummielastischen Massen und kommt zu dem Ergebnis, daß bei jeder Abformung unvermeidbare Fehler auftreten, die auch im Rahmen der weiteren labortechnischen Arbeitsgänge nicht kompensiert werden können. Es soll also schon bei der Abdrucknahme eine größtmögliche Genauigkeit angestrebt werden.

3. MATERIAL UND METHODE

3.1. Materialien

Die in dieser Untersuchung geprüften Abformmaterialien gehören alle zur Gruppe der elastomeren Abformstoffe nach ADA-Spezifikation Nr. 19 (15). Sämtliche Abdruckmassen wurden nach Angaben der Hersteller verarbeitet. Die Abdruckmaterialien und ihre Verarbeitung waren:

1. Optosil plus / Xantopren plus
   Hersteller: Bayer, Leverkusen

Optosil plus	1 Meßl. Paste (gestr. voll) 6 - 8 Tropfen Härter Anmischzeit 45 sec Abbindzeit 5 min 30 sec
Xantopren plus	6 ml Paste 9 - 12 Tropfen Härter Anmischzeit 30 sec Abbindzeit 5 min 30 sec

2. Silaplast neu / Silasoft neu
   Hersteller: Detax-Dental
   Karlsruhe

Silaplast neu	1 Meßl. Paste (gestr. voll) 1 Meßlöffel Härter Anmischzeit 30 sec Abbindzeit 5 min
Silasoft neu	pro 1 cm Paste 1 Tropfen Härter (flüssig) Anmischzeit 30 sec Abbindzeit 5 min

3. Delicron

Hersteller: Bayer Leverkusen

Delicron Paste gelb	pro Teilstrich 1 Tropfen Härter
Delicron Paste braun	pro Anmischschälchen gefüllt bis zur Markierung 12 Tropfen Härter Anmischzeit 30 sec Abbindezeit 5 min (nach Anrührbeginn)

4. Siccoform

Hersteller: Kettenbach Eschenburg

	pro Spindelumdrehung (7 Punkte)
	Basispaste
	eine Spindelumdrehung (7 Punkte)
	Härter

5. Zafo / Microsil

Zum Zeitpunkt der Untersuchung lag uns Microsil als Probe der Herstellerfirma vor und war im Handel noch nicht erhältlich.

Hersteller: Kettenbach Eschenburg

Zafo Hartknet	1 Meßl. Paste (gestr. voll) 12 Tropfen Härter
Microsil	pro 1 cm Paste 1 Tropfen Härter Anmischzeit 30 sec Abbindezeit 5 min (nach Anrührbeginn)

6. Permagum
   Hersteller: Espe Seefeld

   Permagum Paste grün jeweils gleiche Stranglängen
   Paste und Katalysator
   Verarbeitsunszeit 3 min 30 sec
   Abbindezeit 7 min

   Permagum Paste gelb jeweils gleiche Stranglängen
   Paste und Katalysator
   Verarbeitungszeit 4 min
   Abbindezeit 7 min

Sämtliche Abformungen wurden mit dem Spezialhartgips Duroc innerhalb einer Stunde nach der Abdrucknahme ausgegossen. Der Modellgips wurde nach Herstellerangaben wie folgt verarbeitet:
100 g Gipspulver wurden mit 24 ccm aqua demineralisata in einem Vacuumanmischgerät der Fa. Degussa 30 Sekunden lang angerührt. Die Abbindezeit betrug 10 Minuten.
Nach einer Stunde wurden die Modelle aus dem Abdruck entfernt.

3.2. Versuchsanordnung

3.2.1. Prüfkörper und Materialträger

Als Prüfkörper benutzten wir ein stilisiertes Modell einer dreigliedrigen Brücke aus Stahl (Abb. 1).

Abb. 1: Das Brückenmodell mit den beiden Kronenstümpfen und den Führungsstiften.

Als Basis diente ein Messingblock, in den zwei stilisierte Kronenstümpfe eingearbeitet sind. Im Querschnitt sind diese Stümpfe dreieckig. Die jeweils schärfsten Kanten der beiden Brückenpfeiler sind einander zugewandt. An diesen Kanten und den jeweils daran anschließenden Seiten der Stümpfe ist knapp über der Basis eine Stufe angebracht (Abb. 2).

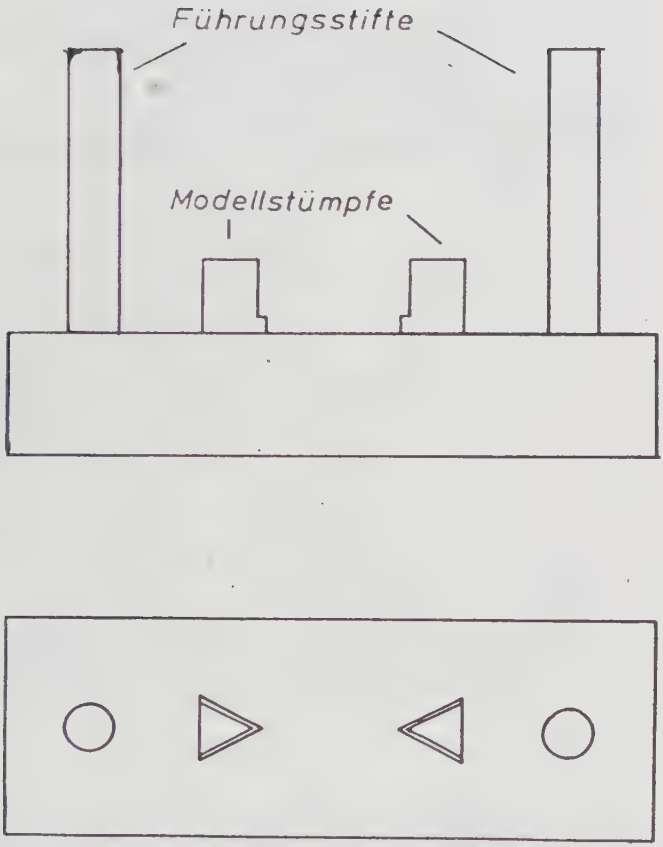


Abb. 2: Das Brückenmodell in der Seitenansicht und in der Aufsicht. Die stilisierten Kronenstümpfe zeigen mit zwei Kanten zueinander. An der Stumpfbasis befindet sich an zwei Seiten des dreieckigen Kronenstumpfes eine 2 mm hohe und 1 mm breite Stufe.

Diese Stumpfform orientiert sich zweckmäßigerweise an einer Grundform der Kronenpräparationen. Sie bietet uns zwei definierte Meßstrecken (Abb. 3) zwischen den stilisierten Kronenstümpfen: Eine breitere Strecke im okklusalen und eine schmalere Strecke im cervikalen Bereich, wie es bei allen Varianten der Kronenpräparationen gegeben ist.

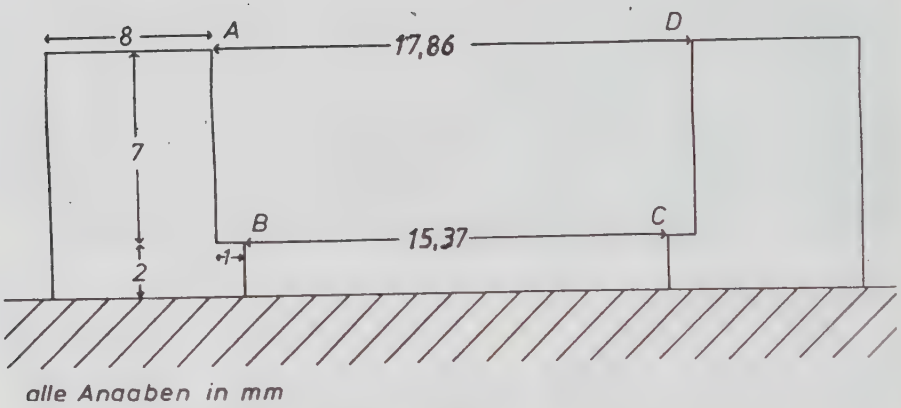


Abb. 3: Die beiden Kronenstümpfe mit ihren Maßangaben. Beide Stümpfe sind 9 mm hoch, wobei an der Basis eine 2 mm hohe Stufe besteht. Der Pfeilerabstand beträgt für die Meßpunkte A und D (Meßstrecke a) 17,86 mm und für die Meßpunkte B und C (Meßstrecke b) 15,37 mm.

Die beiden Meßstrecken (Abb. 3) sind definiert durch die Punkte A, B, C und D. Die okklusale Meßstrecke zwischen A und D, die Strecke a, ist 17,86 mm lang. Die Länge der basalen Meßstrecke zwischen

den Punkten B und C, die Strecke b, beträgt 15,37 mm.

Als Materialträger für die Abformwerkstoffe ließen wir 10 perforierte Abdrucklöffel herstellen. Diese, nach den Ausmaßen des Prüfkörpers angefertigten Abdrucklöffel, bestanden aus 2mm starken perforierten Messingplatten als Seitenwände, auf einer stabilen unperforierten Basisplatte.

Die Innenmaße der Löffel garantieren ausreichend Platz (ca. 0,5 cm) zu allen Seiten des Prüfkörpers für das Abformmaterial.

Weiterhin hielten wir es für erforderlich, die Handhabung des Materialträgers zu definieren. Es sollten so Fehlerquellen wie Verkantungen und Beschädigungen der Erstabformung beim Korrekturabdruck oder unterschiedliche Wandstärken der Materialien vermieden werden. Darüber hinaus sollte auch eine konstante Einschubrichtung gewährleistet werden. Dazu sind zur Führung der Messinglöffel zwei runde Stahlstifte in die Basis des Prüfkörpers eingearbeitet (Abb. 2). Analog dazu befinden sich an den Schmalseiten der Löffel stabile Metallhülsen, die ohne Spiel auf die Führungsstifte passen (Abb. 4). Um die Messinglöffel immer seitenrichtig auf das Brückenmodell aufbringen zu können, sind jeweils an der Basis des Prüfkörpers und an allen Löffeln Markierungen angebracht. Damit sind für alle Abformungen dieselben Grundbedingungen gegeben.

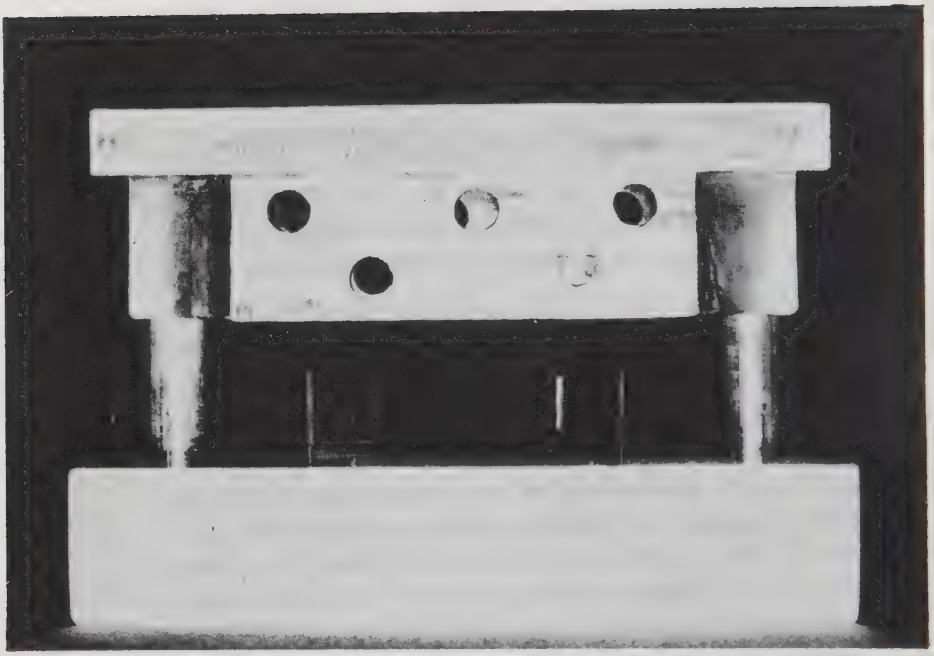


Abb. 4: Das Brückenmodell mit einem aufgesetzten Abdrucklöffel

3.2.2. Abformverfahren

Die sechs untersuchten Abformmaterialien wurden nach Herstellerangaben unter weitgehend gleichen Bedingungen verarbeitet. Dabei wurden - je nach Beschaffenheit der Materialien - verschiedene Abdruckmethoden angewendet:

1. Doppelmischtechnik: Optosil plus/Xantopren blau
   Silaplast neu/Silasoft neu
   Delicron
   Zafo/Microsil
   Permagum
   Siccoform

2. Korrekturabdruck mit Abflußrillen:
   Optosil plus/Xantopren blau
   Silaplast neu/Silasoft neu

3. Korrekturabdruck ohne Abflußrillen:
   Optosil plus/Xantopren plus
   Silaplast neu/Silasoft neu

Abb. 5: Der mit Abformmasse beschickte Löffel ist auf das Brückenmodell aufgesetzt.

Bei allen Abformungen wurde der mit Abformmaterial beschickte Löffel entsprechend den angebrachten Markierungen über die Führungsstifte auf den Prüfkörper gebracht und ein bis zwei Sekunden an die

Basis angedrückt. Anschließend konnte das Abformmaterial drucklos aushärten (Abb. 5 und 6).

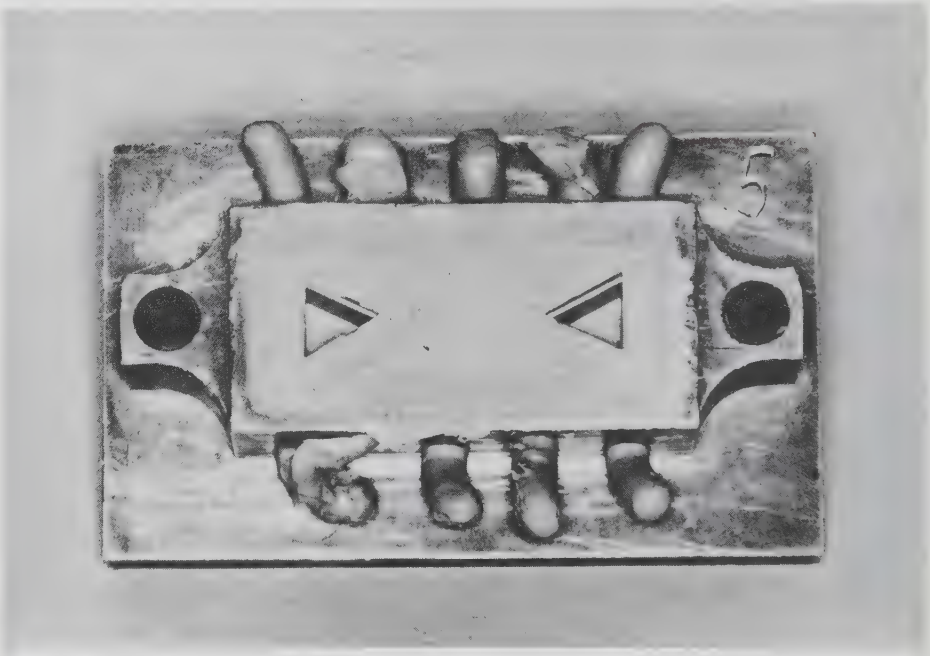


Abb. 6: Abdrucklöffel mit Abformmasse nach der Abdrucknahme.

Beim Korrekturabdruck wurde der Erstabdruck vom Brückenmodell abgehoben, die Überschüsse wurden entfernt, danach - wenn vorgesehen - die Abflußrillen angebracht. Dann wurden die Stumpflumina mit Korrekturmaterial gefüllt und entsprechend der Markierung wieder auf den Prüfkörper aufgebracht. Die Abflußrillen wurden nicht nur in die Stumpfnegative eingeschnitten, sondern über die Basis

zum Löffelrand fortgeführt. Sie wurden V-förmig ca. 1 mm tief in die Erstabformung eingeschnitten und waren jeweils an den beiden Wänden der Stumpflumina gelegen, die auf die Meßkanten zuliefen (Abb. 7).

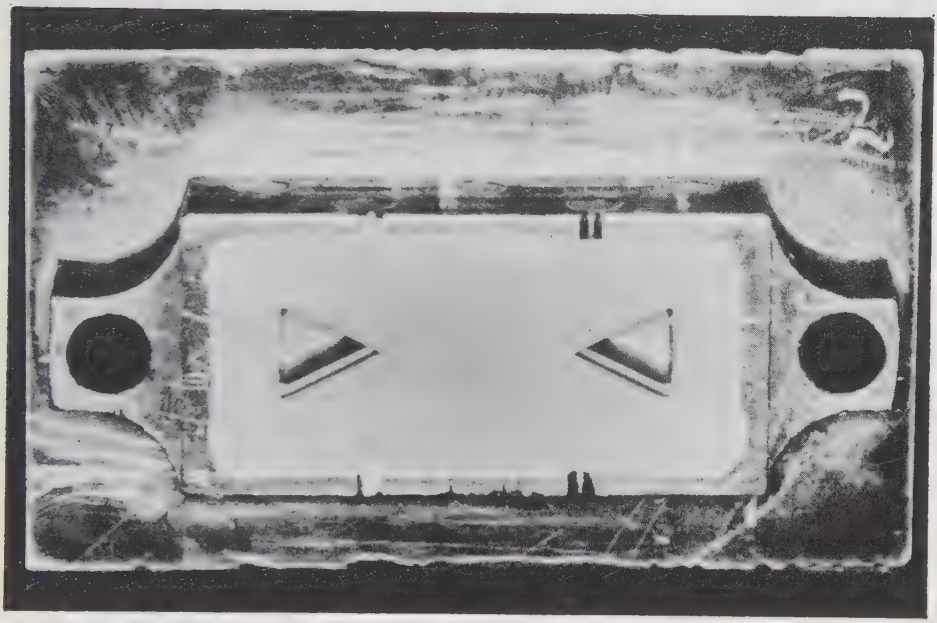


Abb. 7: Der versäuberte Abdrucklöffel mit Abflußrillen.

3.2.3. Modellherstellung

Die Abdrücke wurden innerhalb einer Stunde mit vacuumgerührtem Gipsbrei (Duroc) in genauem Mischungsverhältnis nach Herstellerangaben auf einem Rüttler ausgegossen.

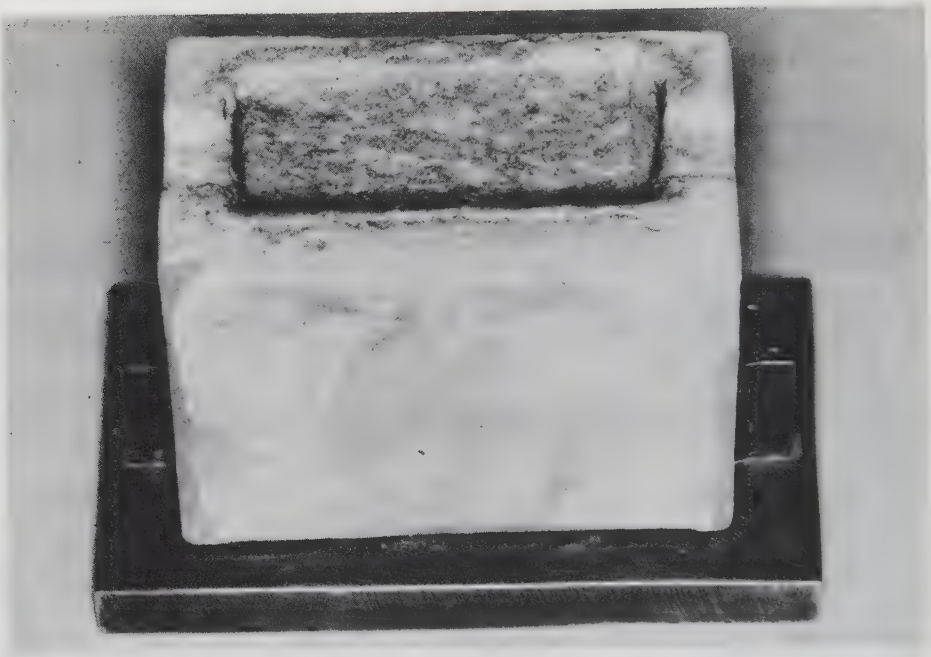


Abb. 8: Der Abdrucklöffel mit aufgesetzter Kunststoffmanschette.

Zur gleichzeitigen Anfertigung eines Modellsockels aus dem gleichen Hartgips wurde eine Kunststoffform aus Palavit L angefertigt (Abb. 8), die nach Entfernen der Überschüsse des Abformmaterials auf den Löffel aufgesetzt werden konnte. Die Kunststofform wurde mit feuchter Asbestpappe ausgekleidet. Die ausgehärteten Gipsmodelle wurden innerhalb einer Stunde aus dem Abdruck entfernt und mit Kerr-Super-Sep isoliert, anschließend an der Basis getrimmt und gekennzeichnet. Nach mindestens 24-stündiger Trockenzeit wurde vermessen.

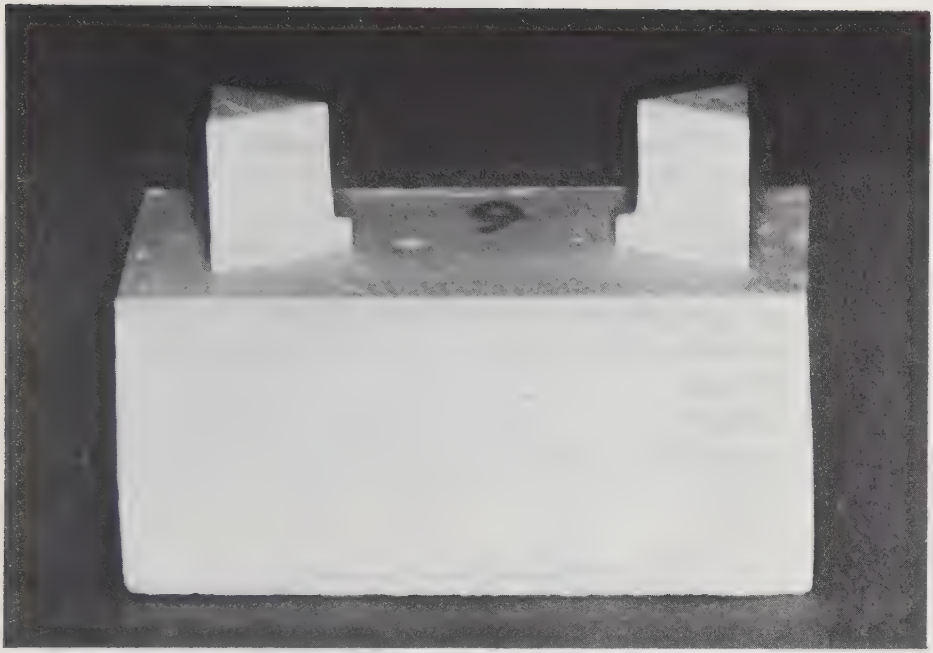


Abb. 9: Das Gipsmodell

3.2.4. Ausmessen der Modelle

Zum Ausmessen der Gipsmodelle stand uns ein Meßmikroskop der Firma Leitz Wetzlar zur Verfügung. Vermessen wurden die Strecken a und b. Die Meßgenauigkeit des Mikroskops liegt unter 0.005 mm. Bei zehn Versuchsreihen wurden jeweils zehn Gipsmodelle vermessen.

3.2.5. Auswertungsverfahren

Das Urmodell wurde sechsmal vermessen. Aus den Werten wurde der Mittelwert $\bar{x}$ und die Standardabweichung s ermittelt. Der Mittelwert wurde auf zwei Stellen hinter dem Komma auf- oder abgerundet.

Die errechneten Mittelwerte der Meßstrecken des Prüfkörpers werden im folgenden als Sollwert s_w bezeichnet.

Die Sollwertmessung ergab 17,86 mm mit der Standardabweichung $\pm$ 0,005 mm für die Meßstrecke a und 15,37 mm mit der Standardabweichung $\pm$ 0,005 mm für die Meßstrecke b.

Die über die Abdruckserien hergestellten Gipsmodelle des Prüfkröpers wurden ebenfalls vermessen und der Mittelwert $\bar{x}$ und die Standardabweichung s der beiden Meßstrecken aller zehn Serien berechnet. Auch hier wurden die Mittelwerte auf zwei Stellen hinter dem Komma gerundet. Bei der Errechnung der Standardabweichung kam folgende Formel zur Anwendung:

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \bar{x} \cdot \sum x_i}{(N - 1)}}$$

s = einfacher mittlerer Fehler
$\sum x_i$ = Summe der Einzelwerte
$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel der Einzelwerte
N = Anzahl der Einzelwerte

Die Ergebnisse wurden für jede Serie einzeln dargestellt. In einer weiteren Graphik werden alle zehn Serien synoptisch zusammengefaßt.

4. ERGEBNISSE

Die Abweichung der an den Gipsmodellen ermittelten Werte beider Meßstrecken von denen des Prüfkörpers sind in 1/100mm angegeben. Die jeweils erste Graphik für eine Meßreihe stellt mittels eines Balkendiagramms die Abweichung des hergestellten Gipsmodells vom Prüfkörper dar. Zusätzlich ist das Ausmaß der Standardabweichung jeder Serie ersichtlich. Das zweite Diagramm dient zur Veranschaulichung der Art der Veränderungen an den Gipsmodellen gegenüber den Ausgangswerten, welche durch die Reproduktion des Prüfkörpers mittels des jeweiligen Abformmaterials bedingt sind. Dabei ergibt die Summe der dargestellten Abweichungen von den Punkten A und D beziehungsweise B und C die Gesamtabweichung.

Versuchsreihe 1

Optosil plus / Xantopren plus
Korrekturabdruck ohne Abflußrillen

Der Korrekturabdruck ohne Abflußrillen mit Optosil plus/Xantopren plus gibt ein Modell wieder, welches die Strecken a und b vergrößert (Abb. 9). Dabei ist im Einzelnen die Strecke a um 0,05 mm, die Strecke b um 0,03 mm größer als der Sollwert des Prüfkörpers. Die Standardabweichung beträgt jeweils $\pm$ 0,01 mm. Im Mittel werden die einzelnen Stümpfe des stilisierten Brückenmodells im Bereich der Meßpunkte A und D um je 0,025 mm, im Bereich der Punkte B und C um je 0,015 mm versetzt. Der Fehler der Reproduktion ist bei der basalen Meßstrecke geringer als bei der okklusalen Strecke a.

		a	b
S_w	(mm)	17,86	15,38
$\bar{x}$	(mm)	17,91	15,40
s	(mm)	$\pm$ 0,009	$\pm$ 0,011
$\bar{x}-S_w$	(mm)	0,05	0,03
%		0,28	0,20

Tab. 1: Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = prozentuale Abweichung des Istwertes.

Serie 1: Optosil plus / Xantopren plus

Korrekturabdruck ohne Abflussrillen

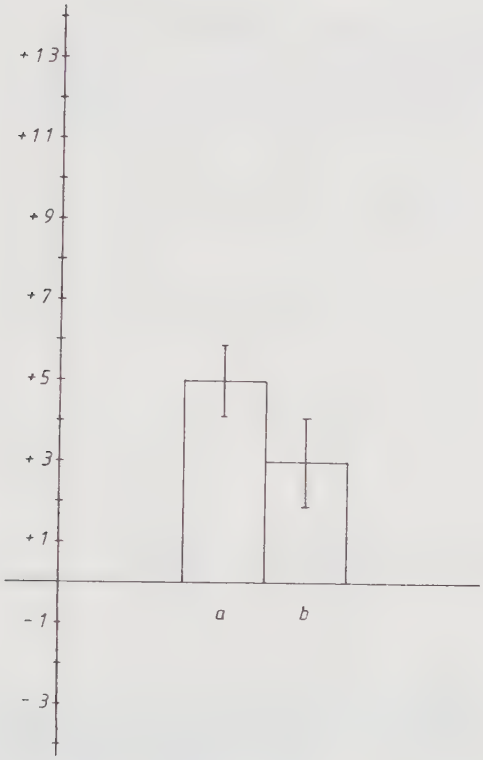


Abb. 10: Ausmaß der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Korrekturabformungen ohne Abflußrillen (Optosil plus / Xantopren plus).

Abszisse: Meßstrecke a = okklusal
Meßstrecke b = basal

Ordinate: Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 1: Optosil plus / Xantopren plus

Korrekturabdruck ohne Abflussrillen

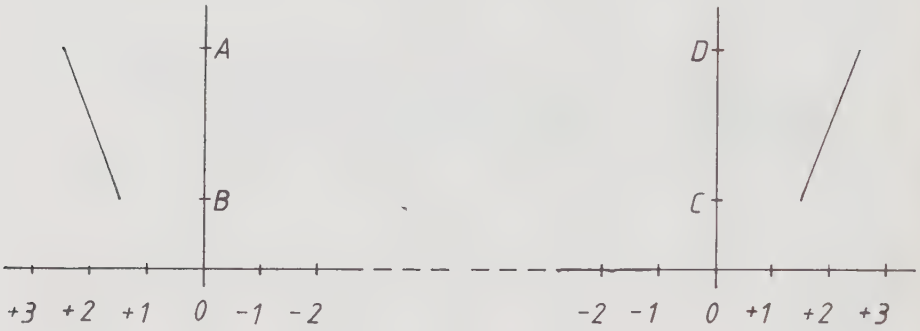


Abb. 11: Art der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Korrekturabformungen ohne abflußrillen (Optosil plus / Xantopren plus).

Abszisse: Abweichung der Meßpunkte A, B, C und D in 1/100 mm, jeweils die Hälfte der Gesamtabweichung vom Sollwert

Ordinate: Meßpunkt A, B, C und D.

Versuchsreihe 2

Optosil plus / Xantopren plus

Korrekturabdruck mit Abflußrillen

In der Versuchsreihe 2 wurde das Abdruckverfahren aus Serie 1 (Optosil plus / Xantopren plus, Korrekturabdruck ohne Abflußrillen) durch Abflußrillen modifiziert. Die Abweichung der Reproduktion vom Ausgangsmodell wurde geringer, jedoch blieb der Fehler der gleiche, der Pfeilerabstand wurde vergrößert wiedergegeben

Auffällig ist die größere Standardabweichung gegenüber der Serie ohne Abflußrillen.

		a	b
S_w	(mm)	17,86	15,37
$\bar{x}$	(mm)	17,90	15,39
s	(mm)	± 0,023	± 0,015
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,04	0,02
%		0,22	0,13

Tab. 2: Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = prozentuale Abweichung des Istwertes.

Serie 2: Optosil plus / Xantopren plus

Korrekturabdruck mit Abflussrillen

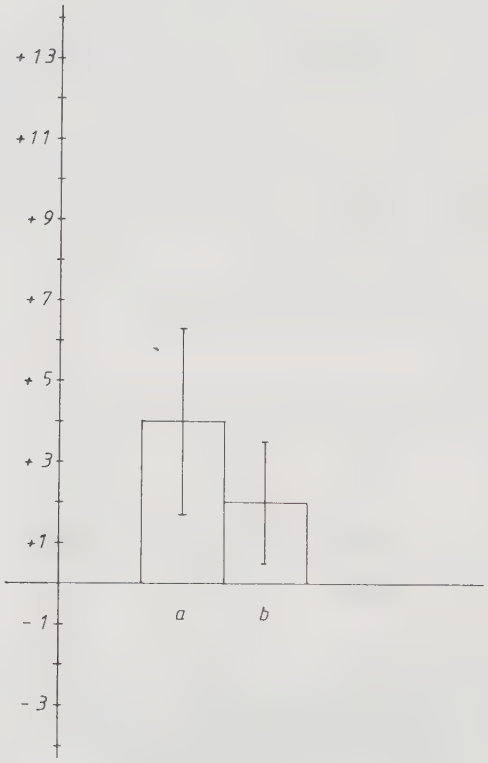


Abb. 12: Ausmaß der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Korrekturabformungen mit Abflußrillen (Optosil plus / Xantopren plus).

Abszisse: Meßstrecke a = okklusal
Meßstrecke b = basal

Ordinate: Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

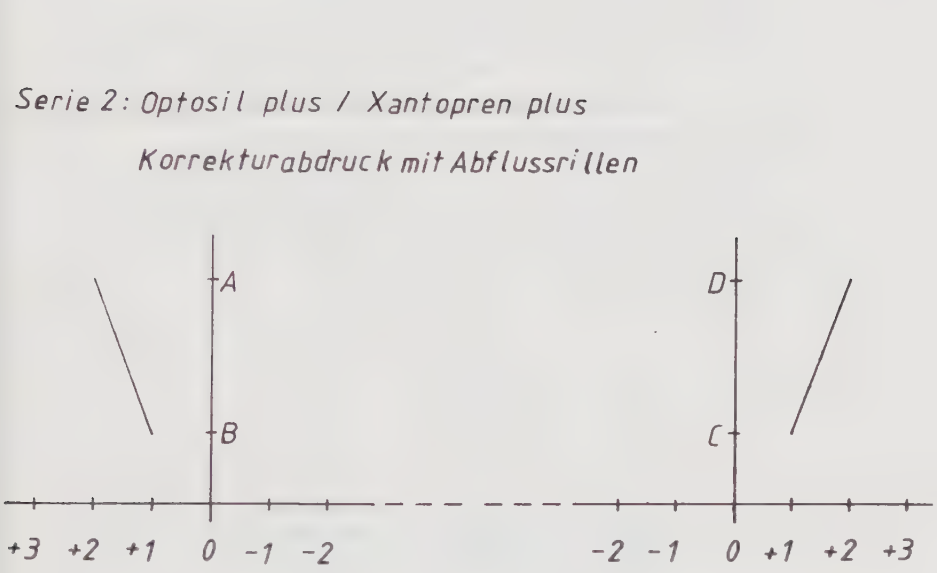


Abb. 13: Art der Änderung des Pfeilerabstandes bei Duocmodellen, gewonnen aus Korrekturabformungen mit Abflußrillen (Optosil plus / Xantopren plus).

Abszisse: Abweichung der Meßpunkte A, B, C und D in 1/100 mm, jeweils die Hälfte der Gesamtabweichung vom Sollwert

Ordinate: Meßpunkte A, B, C und D

Versuchsreihe 3

Optosil plus / Xantopren plus
Doppelmischabdruck

Die Materialien der Serien 1 und 2 (Optosil plus / Xantopren plus) wurden hier nach Maßgabe der Doppelmischabdrucktechnik verarbeitet.

Eine abermalige Annäherung an den Sollwert ist zu beobachten, im Bereich der basalen Meßstrecke sogar eine Übereinstimmung mit dem Sollwert bei der geringen Standardabweichung von ± 0,005 mm. Zwischen den Punkten A und D (okklusale Strecke) ist die Standardabweichung jedoch ähnlich groß wie bei der Serie 2 (Optosil plus / Xantopren plus; Korrekturabdruck mit Abflußrillen).

		a	b
S_w	(mm)	17,86	15,37
$\bar{x}$	(mm)	17,89	15,37
s	(mm)	± 0,022	± 0,004
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,03	0,00
%		0,17	0,00

Tab. 3: Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = prozentuale Abweichung des Istwertes.

Serie 3: Optosil plus / Xantopren plus

Doppelmischabdruck

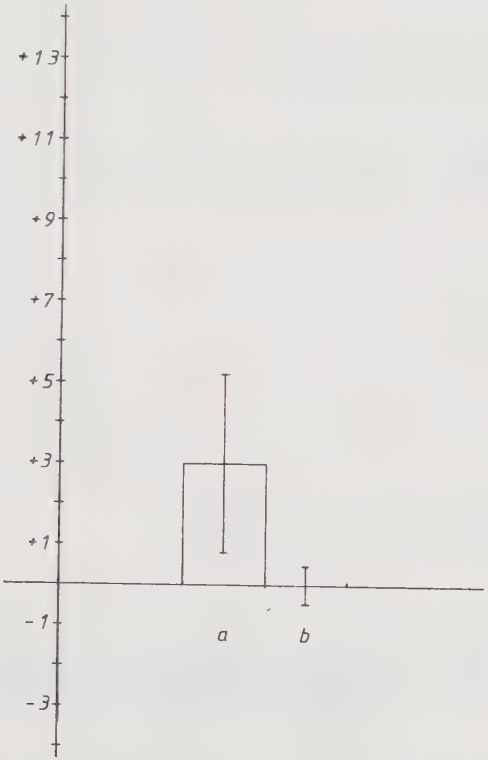


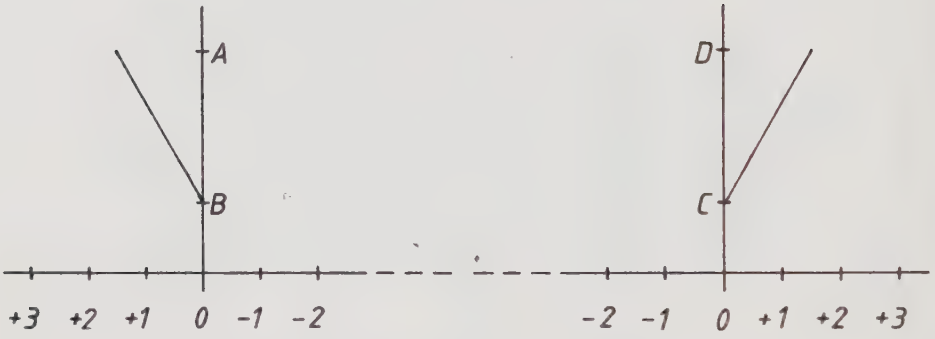
Abb. 14: Ausmaß der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Doppelmischabformungen (Optosil plus / Xantopren plus).

Abszisse : Meßstrecke a = okklusal
Meßstrecke B = basal

Ordinate : Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 3: Optosil plus / Xantopren plus

Doppelmischabdruck



Abweichung vom Sollwert (1/100mm)

Abb. 15: Art der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Doppelmischabformungen (Optosil plus / Xantopren plus).

Abszisse: Abweichung der Meßpunkte A, B, C und D in 1/100 mm, jeweils die Hälfte der Gesamtabweichung vom Sollwert.

Ordinate: Meßpunkte A, B, C und D

Versuchsreihe 4

Silaplast neu / Silasoft neu
Doppelmischabdruck

Für die Doppelmischabdrucktechnik wurde hier zum Vergleich ein zweites Paar von Abdruckmaterialien benutzt. Auch hier fällt die Vergrößerung der Meßstrecken auf. Zwischen okklusaler Strecke und basaler Strecke besteht kein deutlicher Unterschied.

		a	b
S_w	(mm)	17,86	15,37
$\bar{x}$	(mm)	17,89	15,40
s	(mm)	$\pm$ 0,014	$\pm$ 0,019
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,03	0,03
%		0,17	0,20

Tab. 4: Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = prozentuale Abweichung des Istwertes.

Serie 4: Silaplast neu / Silasoft neu

Doppelmischabdruck

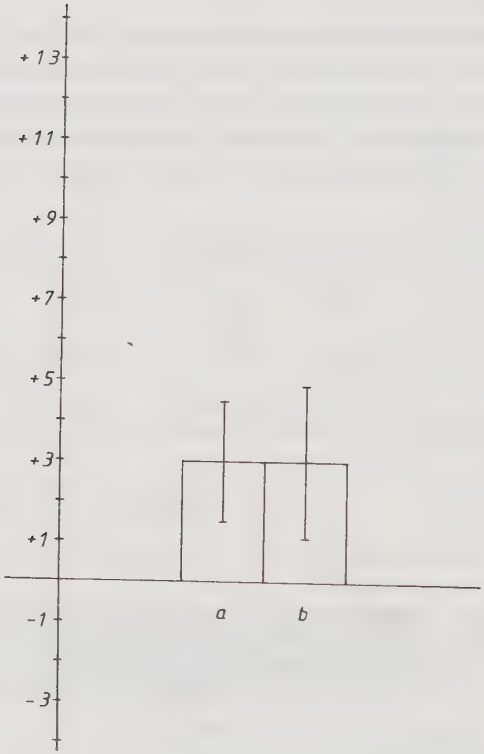


Abb. 16: Ausmaß der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Doppelmischabformungen (Silaplast neu / Silasoft neu).

Abszisse: Meßstrecke a = okklusal
Meßstrecke b = basal

Ordinate: Gesamtabweichung in 1/100mm gegenüber dem Sollwert

Serie 4: Silaplast neu / Silasoft neu

Doppelmischabdruck

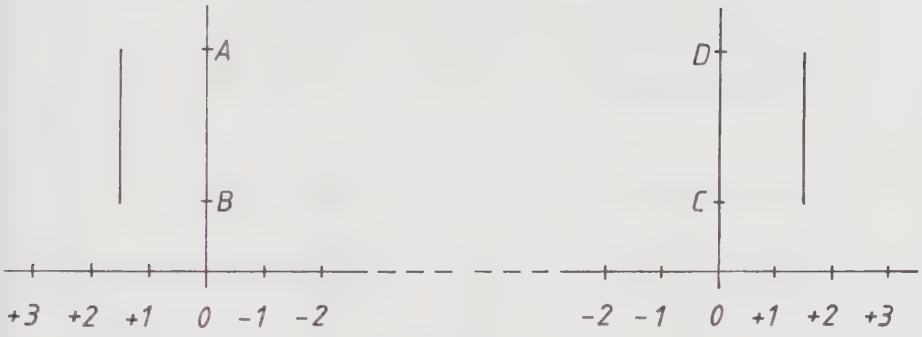


Abb. 17: Art der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Doppelmischabformungen (Silaplast neu / Silasoft neu).

Abszisse: Abweichung der Meßpunkte A, B, C und D in 1/100mm, jeweils die Hälfte der Gesamtabweichung vom Sollwert

Ordinate: Meßpunkte A, B, C und D

Versuchsreihe 5

Silaplast neu / Silasoft neu
Korrekturabdruck mit Abflußrillen

Die Serie 5 zeigt keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zu Serie 2 (Korrekturabdruck mit Abflußrillen mit den Materialien Optosil plus / Xantopren plus) auf, lediglich das Ausmaß der Standardabweichung ist größer.

		a	b
S_w	(mm)	17,86	15,37
$\bar{x}$	(mm)	17,90	15,38
s	(mm)	± 0,029	± 0,019
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,04	0,01
%		0,22	0,07

Tab. 5: Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = prozentuale Abweichung des Istwertes.

Serie 5: Silaplast neu / Silasoft neu

Korrekturabdruck mit Abflussrillen

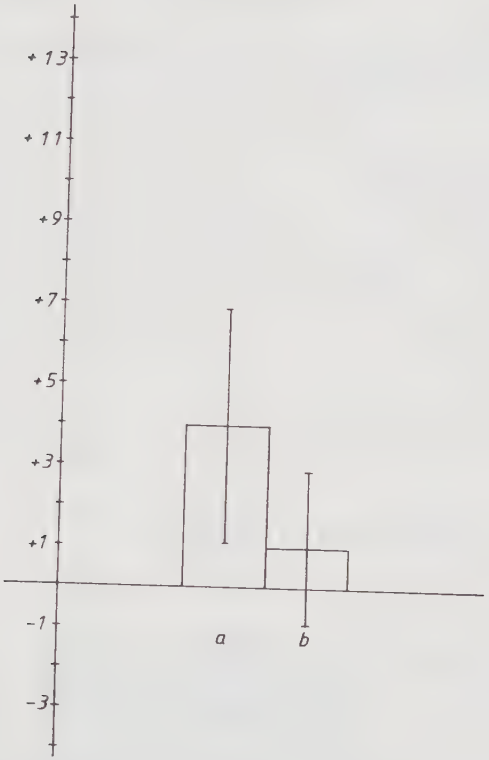


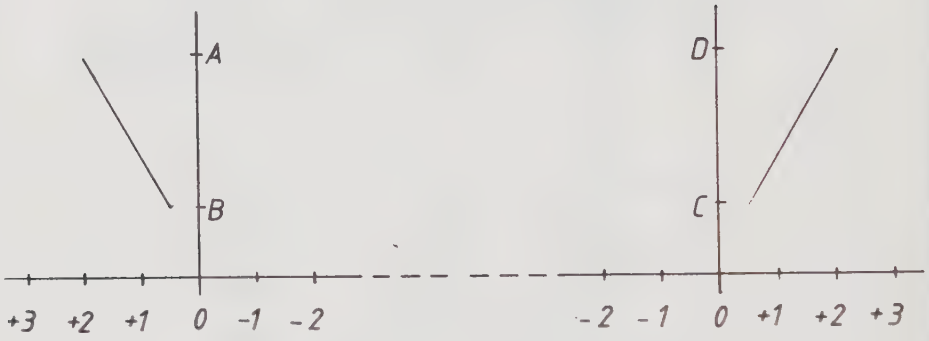
Abb. 18: Ausmaß der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Korrekturabformungen mit Abflußrillen (Silaplast neu / Silasoft neu).

Abszisse: Meßstrecke a = okklusal
Meßstrecke b = basal

Ordinate: Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 5 : Silaplast neu / Silasoft neu

Korrekturabdruck mit Abflussrillen



Abweichung vom Sollwert (1/100 mm)

Abb. 19: Art der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Korrekturabformungen mit Abflußrillen (Silaplast neu / Silasoft neu).

Abszisse: Abweichung der Meßpunkte A, B, C und D in 1/100 mm, jeweils die Hälfte der Gesamtabweichung vom Sollwert

Ordinate: Meßpunkte A, B, C und D

Versuchsreihe 6

Silaplast neu / Silasoft neu
Korrekturabdruck ohne Abflußrillen

Die zweite Abdruckreihe mittels Korrekturabdruck ohne Abflußrillen bringt für die basale Meßstrecke keine Unterschiede zur entsprechenden Serie 1 (Optosil plus / Xantopren plus, Korrekturabdruck ohne Abflußrillen), jedoch für die okklusale Strecke die größte Abweichung vom Sollwert im Vergleich mit allen anderen Versuchsreihen. Auch die Standardabweichung für die Distanz zwischen A und D ist überraschend groß.

		a	b
S_w	(mm)	17,86	15,37
$\bar{x}$	(mm)	17,95	15,40
s	(mm)	$\pm$ 0,04	$\pm$ 0,012
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,09	0,03
%		0,50	0,20

Tab. 6: Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = prozentuale Abweichung des Istwertes.

Serie 6: Silaplast neu / Silasoft neu

Korrekturabdruck ohne Abflussrillen

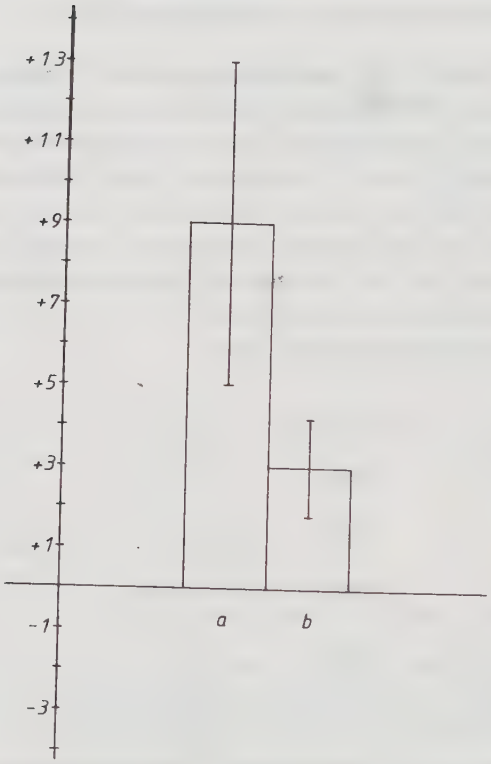


Abb. 20: Ausmaß der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Korrekturabformungen ohne Abflußrillen(Silaplast neu / Silasoft neu).

Abszisse: Meßstrecke a = okklusal
Meßstrecke b = basal

Ordinate: Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 6: Silaplast neu / Silasoft neu

Korrekturabdruck ohne Abflussrillen

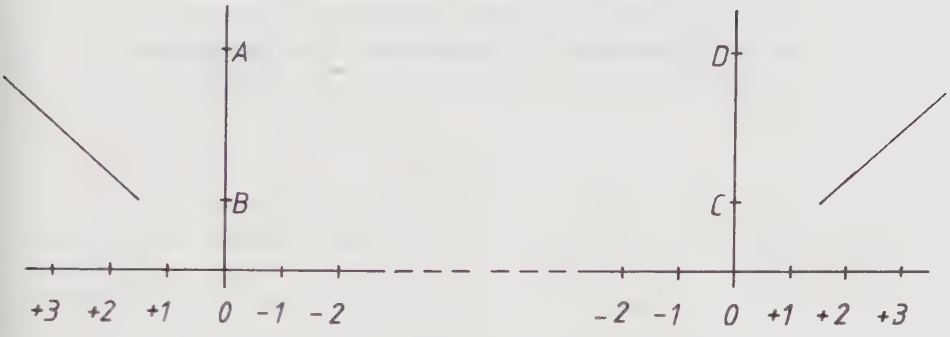


Abb. 21: Art der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen aus Korrekturabformungen ohne Abflußrillen (Silaplast neu / Silasoft neu).

Abszisse: Abweichung der Meßpunkte A, B, C und D in 1/100 mm, jeweils die Hälfte der Gesamtabweichung vom Sollwert

Ordinate: Meßpunkte A, B, C und D

Versuchsreihe 7

Delicron
Doppelmischabdruck

Insgesamt wird der Pfeilerabstand auch bei der Versuchsreihe 7 erweitert. Allerdings bewegen sich die Ausmaße in geringeren Grenzen als bei den vorhergehenden Abdruckreihen. Die errechnete Standardabweichung unterstreicht das gute Ergebnis.

		a	b
S_w	(mm)	17,86	15,37
$\bar{x}$	(mm)	17,88	15,88
s	(mm)	$\pm$ 0,008	$\pm$ 0,005
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,02	0,01
%		0,11	0,07

Tab. 7: Sollwert S_w und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung vom Istwert; % = prozentuale Abweichung des Istwertes.

Serie 7: Delicron

Doppelmischabdruck

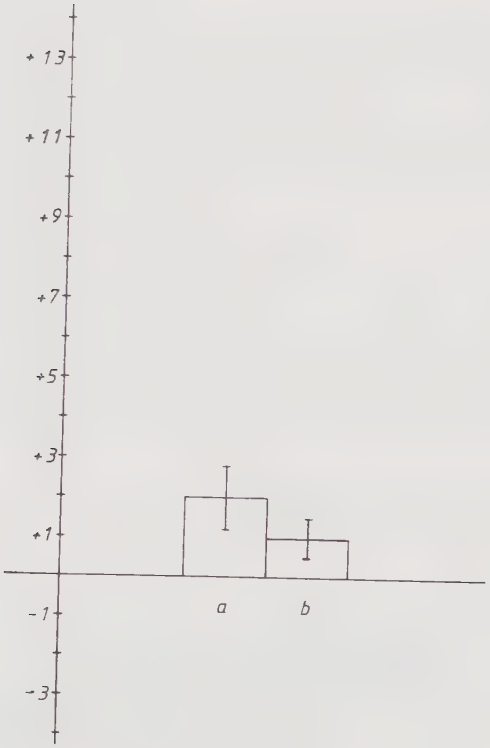


Abb. 22: Ausmaß der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Doppelmischabformungen (Delicron).

Abszisse: Meßstrecke a = okklusal
Meßstrecke b = basal

Ordinate: Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 7: Delicron

Doppelmischabdruck

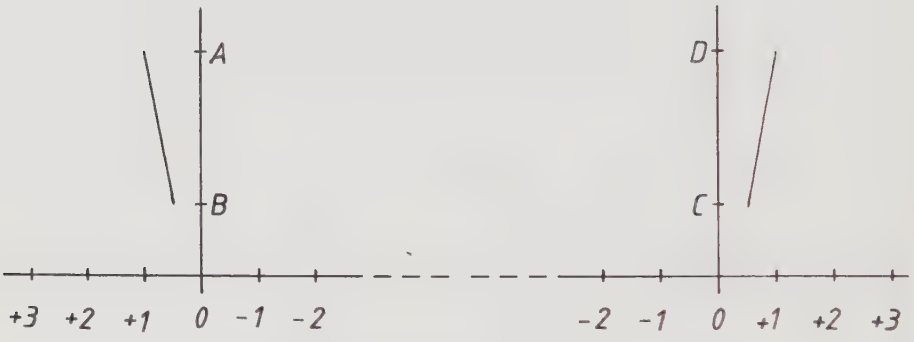


Abb. 23: Art der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Doppelmischabformungen (Delicron).

Abszisse: Abweichung der Meßpunkte A, B, C und D in 1/100 mm, jeweils die Hälfte der Gesamtabweichung vom Sollwert

Ordinate: Meßpunkte A, B, C und D

Versuchsreihe 8

Siccoform
Einphasenabdruck

Die Abformungen für die achte Versuchsreihe wurden mit einem Einkomponentenmaterial genommen. Neben der geringen Standardabweichung ergaben die Meßergebnisse eine äußerst kleine Differenz zwischen den festgelegten Meßstrecken der Modelle und des Prüfkörpers.

Die Differenz der gemessenen Werte von den Ausgangswerten der Prüfkörper ist jeweils nicht größer als 0,01 mm. Siccoform bringt sehr genaue Ergebnisse. Es überrascht jedoch die Tatsache, daß hier die okklusale Strecke ($\overline{AD}$) exakter abgeformt wird als die cervicale Strecke ($\overline{BC}$).

		a	b
S_w	(mm)	17,86	15,37
$\bar{x}$	(mm)	17,86	15,38
s	(mm)	± 0,006	± 0,003
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,00	0,01
%		0,00	0,07

Tab. 8: Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = prozentuale Abweichung des Istwertes.

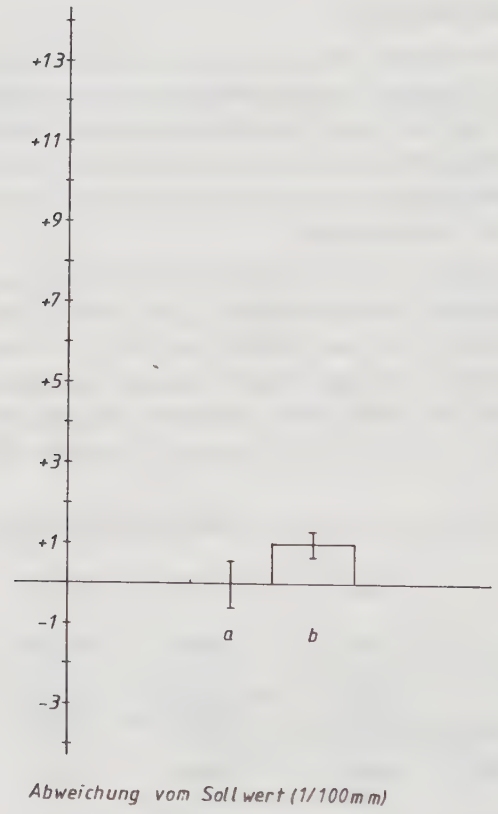


Abb. 24: Ausmaß der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Einphasenabformungen (Siccoform).

Abszisse: Meßstrecke a = okklusal
Meßstrecke b = basal

Ordinate: Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 8: Siccoform

Einphasenabdruck

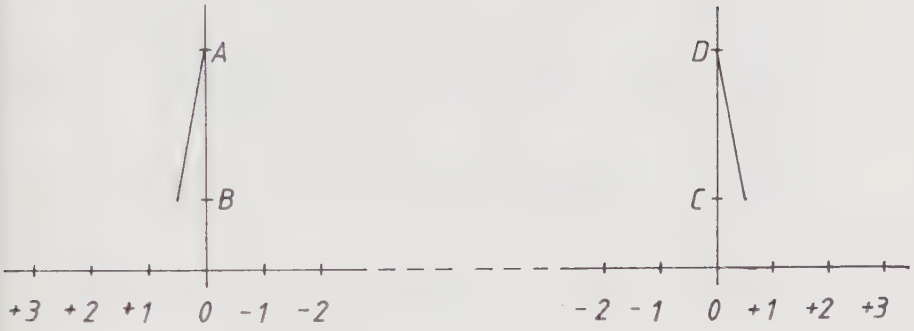


Abb. 25: Art der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Einphasenabformungen (Siccoform).

Abszisse: Abweichung der Meßpunkte A, B, C und D in 1/100 mm, jeweils die Hälfte der Gesamtabweichung vom Sollwert

Ordinate: Meßpunkte A, B, C und D

Versuchsreihe 9

Zafo / Microsil
Doppelmischabdruck

Dem Doppelmischabdruck der Serie 9 liegt wieder eine Kombination zweier Abformmaterialien zugrunde. Die an den Gipsmodellen gemessenen Werte lassen im Mittel keine Differenz zum Ausgangsmodell erkennen. Auch die Standardabweichung bewegt sich in dem äußerst geringen Bereich von ± 0,003 mm.Die Versuchsreihe 9 zeigt die insgesamt besten Ergebnisse.

		a	b
S_w	(mm)	17,86	15,37
$\bar{x}$	(mm)	17,86	15,37
s	(mm)	± 0,003	± 0,003
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,0	0,0
%		0,0	0,0

Tab. 9: Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecke a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = prozentuale Abweichung des Istwertes.

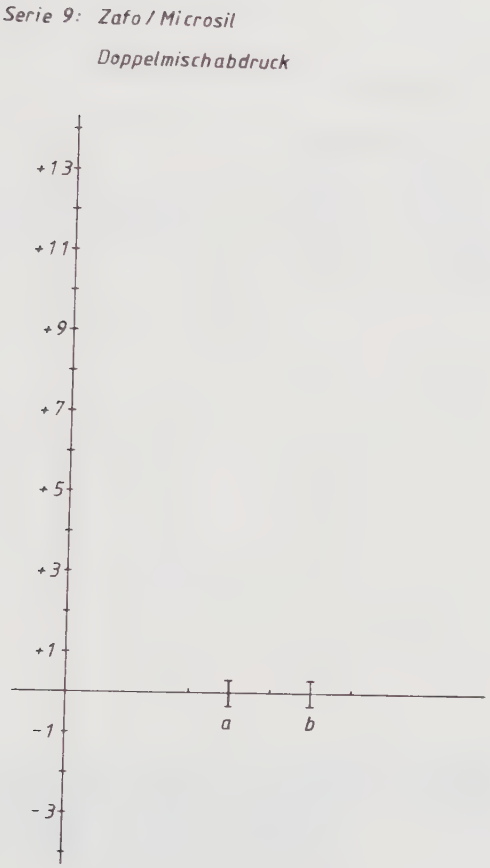


Abb. 26: Ausmaß der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Doppelmischabformungen (Zafo / Microsil).

Abszisse: Meßstrecke a = okklusal
Meßstrecke b = basal

Ordinate: Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 9 : Zafo / Mikrosil

Doppelmischabdruck

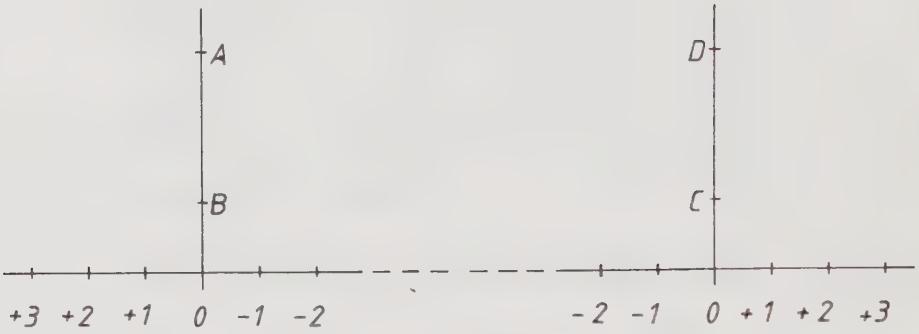


Abb. 27: Art der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Doppelmischabformungen (Zafo / Microsil).

Abszisse: Abweichung der Meßpunkte A, B, C und D in 1/100 mm, jeweils die Hälfte der Gesamtabweichung vom Sollwert.

Ordinate: Meßpunkte A, B, C und D

Versuchsreihe 10

Permagum
Doppelmischabdruck

In der 10. und letzten Serie wurde der Abstand der Kronenstümpfe ebenfalls recht genau (Strecke a), erstmals jedoch geringfügig verkürzt (Strecke b) wiedergegeben.
Die Standardabweichung ist gering.

		a	b
S_w	(mm)	17,86	15,37
$\bar{x}$	(mm)	17,86	15,36
s	(mm)	$\pm$ 0,004	$\pm$ 0,01
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,0	- 0,01
%		0,0	0,07

Tab. 10: Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecke a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = prozentuale Abweichung des Istwertes.

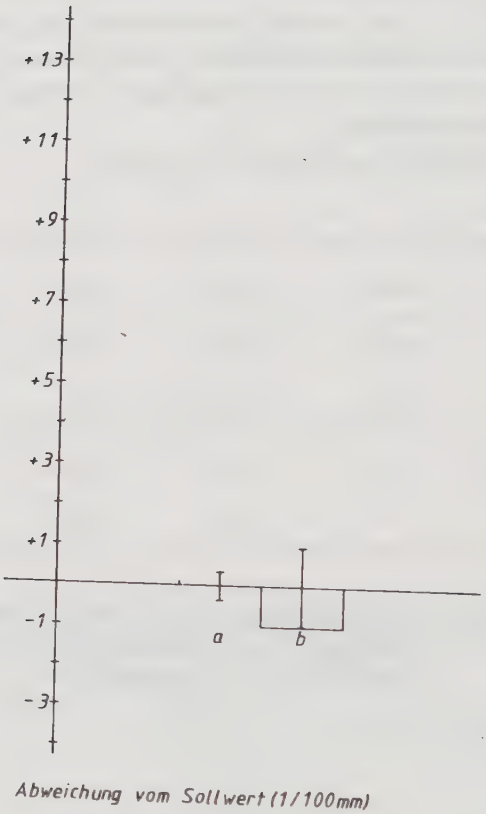


Abb. 28: Ausmaß der Änderungen des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Doppelmischabformungen (Permagum).

Abszisse: Meßstrecke a = okklusal
Meßstrecke b = basal

Ordinate: Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 10: Permagum

Doppelmischabdruck

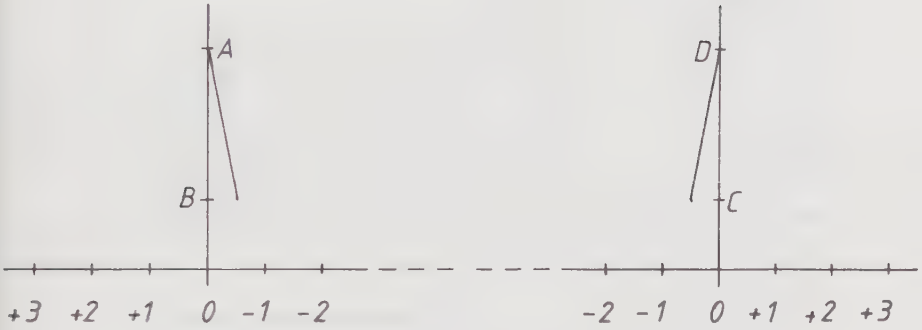


Abb. 29: Art der Änderung des Pfeilerabstandes bei Durocmodellen, gewonnen aus Doppelmischabformungen (Permagum).

Abszisse: Abweichung der Meßpunkte A, B, C und D in 1/100 mm, jeweils die Hälfte der Gesamtabweichung vom Sollwert

Ordinate: Meßpunkte A, B, C und D

5. Diskussion

Die vorliegende Untersuchung sollte der Frage nachgehen, in wieweit die Abformmethode, aber auch das Abformmaterial Einfluß hat auf die Reproduktion des Pfeilerabstandes bei identisch hergestellten Brückenmodellen aus Duroc.

Das Vermessen der Brückenmodelle brachte Ergebnisse, die in zweierlei Hinsicht Aussagen zu Problemen der Abformtechnik mit elastomeren Abdruckmaterialien für die Herstellung von Brücken zulassen. Die erste Aussage bezieht sich auf das Abformverfahren, die zweite auf die geprüften Materialien.

1. Der Verleich der drei Abdrucktechniken (Korrekturabdruck ohne Abflußrillen, Korrekturabdruck mit Abflußrillen und Doppelmischabdruck) zeigt uns, daß die Doppelmischtechnik die besten Ergebnisse bringt, sowohl bei der Materialkombination Optosil plus / Xantopren plus als auch bei Silaplast neu / Silasoft neu (siehe Abb. 30, S. 1 - 6).

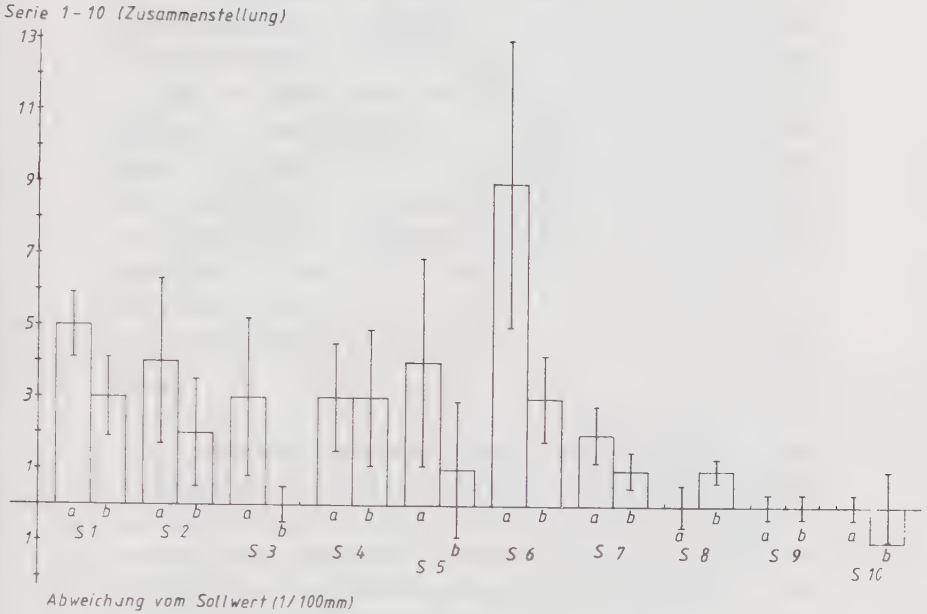


Abb. 30: Zusammenfassende Darstellung der Meßergebnisse der zehn Abdruckserien.

Änderung des Pfeilerabstandes bei verschiedenen Abformverfahren und Abformmaterialien
a = okklusale Meßstrecke
b = basale Meßstrecke
S1 = Optosil plus/Xantopren plus, Korrekturabdruck ohne Abflußrillen
S2 = Optosil plus/Xantopren plus, Korrekturabdruck mit Abflußrillen
S3 = Optosil plus/Xantopren plus, Doppelmischabdruck
S4 = Silaplast neu/Silasoft neu, Doppelmischabdruck
S5 = Silaplast neu/Silasoft neu, Korrekturabdruck mit Abflußrillen
S6 = Silaplast neu/Silasoft neu, Korrekturabdruck ohne Abflußrillen
S7 = Delicron, Doppelmischabdruck
S8 = Siccoform, Einphasenabdruck
S9 = Zafo/Microsil, Doppelmischabdruck
S10 = Pergamum, Doppelmischabdruck

Die ungenauesten Resultate wurden durch den Korrekturabdruck ohne Abflußrillen erzielt. Dabei lieferte die Serie 6 (Silaplast neu/Silasoft neu) die Modelle mit der insgesamt größten Abweichung vom Prüfkörper (a = + 0,09 mm, b = + 0,03 mm). Das gleiche trifft für die Standardabweichung zu ($s_a = \pm 0,04$). Die Zahlen lassen erkennen, daß die Strecke von A nach D wesentlich (0,09 mm) verbreitert, die Strecke B nach C ebenfalls länger wird, jedoch nicht in diesem Ausmaß. Die Strecke $\overline{BC}$ weist außerdem eine geringere Standardabweichung auf.

Das bedeutet, daß aus der tiefer im Abdruck und damit im Abdrucklöffel abgeformten okklusalen Distanz $\overline{AD}$ größere Ungenauigkeiten resultieren, als aus der weiter zur Oberfläche des Abdruckes bzw. seines Löffels gelegenen basalen oder cervicalen Strecke B nach C. Das Ergebnis vermittelt uns ein Bild, als seien die Kronenstümpfe von der zu überbrückenden Lücke weggekippt. Dieses Phänomen zeigt sich auch bei allen anderen fünf Serien, in denen die drei Abformmethoden verglichen werden. Auch MEINERS (19) kommt zu dem Ergebnis, daß die Zahnachse nicht mit den Achsen der Stümpfe des Gipsmodelles übereinstimmen. Diese Aussage ist jedoch ohne Bedeutung für die Praxis der Brückenanfertigung, da dies vermutlich nur für die endständigen Pfeiler zutrifft, z.B. bei größeren Brückenkonstruktionen. Darüber hinaus bewegt sich diese Abweichung im Bereich der initialen horizontalen Eigenbeweglichkeit der Zähne, die nach H.R. MÜHLEMANN und K.H. RATEITSCHAK (20) bei 0,08 mm liegt.

Es ist aber zu vermuten, daß die Stümpfe nicht nur gekippt oder transloziert sind, sondern, wie die

Untersuchungen von E. KÖRBER und K. LEHMANN (11), M. HOFMANN und P. LUDWIG (10) sowie H.-O. BURGDORF (4) nachwiesen, die einzelnen Kronenstümpfe in oberen, also tiefer im Abdruck gelegenen Bereich schmaler wiedergegeben werden als im unteren Teil, der an der Oberfläche des Abdruckes gelegen ist. Begründen läßt sich diese Tatsache mit der Annahme, daß sich das Korrekturmaterial in den Tiefen des Abdruckes staut und das Silikon der Erstabformung komprimiert; das Lumen der Erstabformung wird vergrößert.

Nach Entfernen des Korrekturabdruckes vom Prüfkörper stellt sich das Material zurück, das Lumen wird verkleinert, der einzelne Stumpf wird schmaler. Das hat eine Verbreiterung der Meßstrecke zur Folge. Die Verkleinerung der Stumpfdurchmesser und damit Erweiterung der Pfeilerabstände wird - den Meßergebnissen nach - durch den Vernetzungsvorgang und die nach dem Abbinden einsetzende Kontraktion der Silikone (m. HOFMANN und P. LUDWIG (10)) nicht oder nur teilweise kompensiert. Es scheint sich aber zu bestätigen, daß die nach dem Abbinden zuerst starke, nach 2 bis 3 Stunden nachlassende Kontraktion in den tieferen Schichten des Abdrucklöffels geringer ist als zur Oberfläche der Silikonmasse hin (H.J. REHBERG (15)). Dadurch erklärt sich einerseits die geringe Verbreiterung der basalen Meßstrecke, andererseits aber auch die im Vergleich zur Auswertung an Einzelstümpfen (H.O. BURGDORF (4)) relativ verkleinerte Differenz zwischen den Kronenstümpfen der Gipsmodelle gegenüber dem Prüfkörper.

Addiert man zum Beispiel die von BURGDORF gemessene Abweichung im oberen Stumpfbereich von 0,06 mm (Silaplast / Silasoft, Korrekturabdruck ohne Abflußrillen), so wäre die zu erwartende Differenz

bei einem Brückenmodell 0,12 mm. Die in der hier vorliegenden Versuchsreihe gemessene Abweichung von 0,09 mm ist wahrscheinlich zum Teil auf die Materialkontraktion zurückzuführen.

Unterstützt wird diese Theorie durch vergleichbare Messungen bei den Abformungen mit den Materialien Delicron (S. 7), Pergamum (S. 10) und Siccoform (S. 8).

2. Der Vergleich der Abformmassen läßt den Schluß zu, daß trotz unterschiedlicher Ergebnisse mit allen geprüften Materialien Resultate erzielt werden können, welche eine Anwendung in der zahnärztlichen Praxis erlauben.
Der Korrekturabdruck mit Optosil plus / Xantopren plus (S1) zeigt die gleiche Tendenz wie die Serie 6 (Korrekturabdruck mit Silaplast neu / Silasoft neu), jedoch liegen bei ersterem die gemessenen Werte für die occlusale Strecke wesentlich besser.

Die Serien 2 (Optosil plus / Xantopren plus) und 5 (Silaplast neu / Silasoft neu) modifizieren die Serien 1 und 6, indem bei der jeweiligen Erstabformung Abflußrillen angebracht wurden. Die okklusale Strecke wird durch beide Serien kaum unterschiedlich wiedergegeben. Im Mittel wird mit der Serie 5 für die Strecke b eine größere Annäherung an den Ausgangswert erzielt, die Standardabweichung liegt jedoch etwas höher als bei der Serie 2.

Die Serien 3 (Optosil plus / Xantopren plus) und 4 (Silaplast neu / Silasoft nei) reproduzieren den Prüfkörper über den einphasigen Doppelmischabdruck. Dabei fällt auf, daß neben der allgemeinen Verbesserung der Meßwerte in Serie 3 (Optosil plus / Xantopren plus) die basale Strecke von B nach C sehr genau mit geringer Standardabweichung, die okklusale Strecke jedoch gänzlich ohne Abweichung

wiedergegeben wird. Insgesamt finden wir hier die bisher größte Übereinstimmung mit dem Ausgangsmodell. In Serie 4 (Doppelmischabdruck mit Silaplast neu / Silasoft neu) ist die Distanz zwischen den jeweiligen Meßpunkten (a = + 0,03 mm, b = + 0,03 mm) gleichermaßen vergrößert.

Im Zusammenhang mit der Abbindeexpansion des Modellgipses, der chemischen und thermischen Expansion von Einbettmessen und der Erstarrungskontraktion der Metallegierungen muß die gleichmäßige Abweichung der beiden Meßstrecken in Serie 4 für die Brückenherstellung als günstig angesehen werden. Es ist aber zu bedenken, daß eine Verschmälerung der Stümpfe am Gipsmodell aufgrund zu enger Lumina des Abdruckes verantwortlich für zu kleine Brückenanker sein kann. Eine Lumenverkleinerung der Brückenanker bewirkt wiederum, daß die Brücke nicht exakt eingegliedert werden kann. Nach H. MEINERS (19) führt eine Lumenverkleinerung von 0,02 mm zu einer okklusalen Erhöhung um 0,1 mm. Bliebe eine solche Bißerhöhung unberücksichtigt, könnte sie Dauerschäden aller zum Kauorgan gehörigen Gewebe auslösen.

Aufgrund der Tatsache, daß der Doppelmischabdruck die besten Resultate bisher lieferte, wurden alle weiteren Abformmassen entsprechend dieser Technik verarbeitet.

Mit dem Zwei-Komponenten-Material Delicron (S7) - die Silicone regular body und light body sind speziell für die Doppelmischtechnik entwickelt - konnten gute Ergebnisse erzielt werden. Die Meßstrecken wurden um 0,02 mm (okklusal) und 0,01 mm (basal) vergrößert. Die Standardabweichung hielt sich in engen Grenzen ($S_a = \pm$ 0,008 mm, $S_b = \pm$ 0,005 mm).

Die Einkomponentenabdruckmasse Siccoform (S8) zeigt bei ebenfalls sehr geringer Standardabweichung ($S_a = \pm 0{,}006$, $S_b = \pm 0{,}003$ mm), ein Bild - anders als bei den bisherigen Versuchsreihen - als seien die Stümpfe der Gipsmodelle gegeneinander gekippt und im basalen Bereich stärker verjüngt. Hier ist die Strecke $\overline{AD}$ nicht verändert, die Strecke $\overline{BC}$ nur um 0,01 mm erweitert. Für die Serie 8 läßt sich keine Erklärung bezüglich der atypischen Veränderungen der Meßstrecken, also der Neigung der Stümpfe gegeneinander geben. Eine initiale Expansion von elastomeren Abformmaterialien ist zwar schon früher vermutet worden (1,20) konnte aber nie nachgewiesen und erläutert werden.

Die Serie 9 wurde mit dem Hartsilicon Zafo und dem zu dem Zeitpunkt der Durchführung der Abdruckreihen noch nicht im Handel befindlichen leichtfließenden Silicon Microsil angefertigt. Mit dieser Materialkombination wurden die genauesten Resultate erzielt. Die Abweichung der Meßpunkte der Gipsmodelle von denen des Prüfkörpers betrug weit weniger als ein hundertstel Millimeter bei einer gleichmäßigen Standardabweichung von $\pm$ 0,003 mm.

Die letzte Versuchsreihe wurde mit dem Polysiloxan Pergamum - zwei Materialien, feste Konsistenz und mittlere Konsistenz - angefertigt. Hier erschienen die Stümpfe der Gipsmodelle wieder voneinander weggekippt, allerdings entspricht die okklusale Strecke genau dem Sollwert, die basale Strecke ist um 0,01 mm verkürzt. Die Standardabweichung beträgt für a $\pm$ 0,004 mm, für b $\pm$ 0,01 mm.

Hier läßt sich eine Parallelität zu den Ergebnissen von H.-O. BURGDORF (4) feststellen, der bei Permagum geringfügig verbreiterte Stümpfe vorfand. Die Verkürzung der Distanz von B nach C läßt sich

wieder auf eine Kontraktion der Abdruckmasse zurückführen. Permagum muß ebenfalls als sehr genau abbildendes Material angesehen werden.

Es bleibt festzustellen, daß mit allen getesteten Abdruckmaterialien nach der vorliegenden Versuchsanordnung Reproduktionen vom Prüfkörper angefertigt wurden, die durchaus akzeptable Resultate oder sogar keine Veränderungen der Ausgangswerte mitbrachten. Sieht man von der Materialkombination Zafo / Microsil (S9) ab (Microsil befindet sich noch nicht im Handel), so sind Siccoform (S8) und Permagum (S10) die genauesten Elastomere. Allerdings eignet sich Siccoform aufgrund seiner starken Hydrophobie nur bei absoluter Trockenlegung für Abformungen in der Mundhöhle. Außerdem scheint Siccoform im Gegensatz zu allen anderen Materialien, deren Verarbeitung als umproblematisch angesehen werden kann, nur sehr schwer blasenfrei anzumischen sein.

In der Reihenfolge bezüglich der Genauigkeit der Materialien schließt sich Delicron (S7) an. Dieses Silikon zeigt nicht ganz die Resultate der oben genannten Werkstoffe auf, liefert jedoch deutlich bessere Ergebnisse als die Materialkombination Silaplast neu / Silasoft neu (S4) und Optosil plus / Xantopren plus (S3).

Zwischen Silaplast neu / Silasoft neu (S4) und Optosil plus / Xantopren plus (S3), die nicht die Exaktheit der zuvor genannten Materialien erreichen, lassen sich keine großen Unterschiede feststellen. Sie sind aber durchaus geeignet für die Abdrucknahme am Patienten, unter der Prämisse, daß der Doppelmischabdruck möglichst sofort nach der Abformung ausgegossen wird.

Als praktikabel ist auch noch der Korrekturabdruck mit Abflußrillen anzusehen. Obwohl laut H.-O. BURGDORF (4) sowie M. HOFMANN und P. LUDWIG (10) mit einer unterschiedlichen Veränderung bei verschiedenen Durchmessern der Abdrucklumina gerechnet werden muß - runde Stümpfe werden oval verformt - ist die Veränderung der Pfeilerabstände jedoch deutlich geringer als bei der Korrekturabformung ohne Abflußrillen.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Untersuchung gibt Aussagen zu zwei Problemen der Reproduktion des Pfeilerabstandes bei der Abformung der Zahnreihe für festsitzende Brücken:

1. Die Reproduktion des Pfeilerabstandes durch Abformungen ist sowohl abhängig von der Abformmethode, als auch vom dazu verwendeten Material.
2. Die genaueste Abformmethode ist die Doppelmischtechnik. Zwischen den einzelnen Materialien bestehen nur geringe Unterschiede.
3. Daneben bringt die Korrekturabformung mit Abflußrillen Resultate, die zeigen, daß diese Technik ebenfalls für die zahnärztliche Praxis empfohlen werden kann.
4. Der Korrekturabdruck ohne Abflußrillen ergab die größten Änderungen des Pfeilerabstandes.
5. Die geprüften sechs Abdruckmaterialien eignen sich trotz deutlich vorhandener Unterschiede in den Ergebnissen alle für die Abformung von Kronen und Brücken, da die Abweichung der Pfeilerabstände in keinem Falle größer ist als die gemeinsame physiologische Zahnbeweglichkeit zweier gesunder Brückenpfeiler.

7. LITERATURVERZEICHNIS

(1) AHRENS, G. und NAUJOKS, R. — Vergleichende Untersuchungen an elastischen Abdruckmaterialien für die indirekte Inlaytechnik. Dtsch. zahnärztl. Z. 16, 472 (1961)

(2) BÖTTGER, H. — Erfahrungen mit Silikonabformmaterialien. Zahnärztl. Welt 63, 616 (1962)

(3) BÖTTGER, H. — Über die Abformung beschliffener Zahnstümpfe für Kronenarbeiten mit dem Doppelabdruckverfahren. Dtsch. Zahnärztebl. 19, 356 (1958)

(4) BURGDORF, H.-O. — Vergleichende Untersuchungen zum Korrekturabdruck und zu einseitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken. Med. Diss. Marburg (1977)

(5) EICHNER, K. — Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung. A. Hüthig Heidelberg (1974)

(6) FUCHS, P. und KOBES, L. — Untersuchung zum Dimensionsverhalten silikonhaltiger Abformmassen. Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 724 (1963)

(7) GERATS, R. — Dimensionsverhalten von nach einer Doppelabdruckmethode mit gummielastischen Abdruckmaterialien hergestellten Prüfkörpern. Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 724 (1963)

(8) GUTOWSKI, A. — Die Abformung von Kavitäten und Präparationsstümpfen mit thermoreversiblem Hydrokolloid. Zahnärztl. Welt 80, 650 (1971)

(9) HOFMANN, M. — Der Korrekturabdruck (Ein neues Abdruckverfahren für festsitzenden Zahnersatz). Zahnärztl. Welt 66, 160 (1965)

(10) HOFMANN, M. und LUDWIG, P. — Über das Dimensionsverhalten verschiedener Abdruckwerkstoffe im Hinblick auf ihre Eignung für das Korrekturabdruckverfahren. Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 6 und 438 (1968)

(11) KÖRBER, E. und LEHMANN, K. Vergleichende Untersuchung über Abdruckmaterialien für Kronen und Brücken Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 791 (1969)

(12) KRÖNKE, A. Klinische Erfahrungen mit Silikonabdruckmassen bei der indirekten Inlaytechnik Dtsch. zahnärztl. Z. 16, 716 (1961)

(13) LOHMILLER, R. Über die Genauigkeit des Korrekturabdruckes Med. Diss. Tübingen (1966)

(14) MARXKORS, R. Werkstoffe in der zahnärztlichen Praxis J.A. Barth Frankfurt/Main (1972)

(15) MEINERS, H. Abformgenauigkeit mit elastomeren Abformmaterialien C. Hanser, München-Wien (1977)

(16) MÜHLEMANN, H.R. u. RATEITSCHAK, K.H. Parodontologie Georg Thiemie, Stuttgart (1975)

(17) REHBERG, H.C. Die Quintessenz der zahnärztlichen Abformmittel Die Quintessenz, Berlin (1971)

(18) SCHWINDLING, R. Indirekte Bestimmung des Dimensionsverhaltens von Silikonabdruckmassen Stoma (Heidelb.) 13, 121 (1969)

(19) STAHL, E. Präzise Abdrücke nach dem Doppelabdruckverfahren, speziell für stufenlose Präparation und Herstellung exakter Modelle für indirekte Kronen-, Brücken- und Inlayarbeiten Dtsch. Zahnärztebl. 2, 46 (1956)

(20) STÜBEN, O. und HOPPE, W. Über die Verwendung gummielastischer Materialien bei der indirekten Methode zur Herstellung von Gußfüllungen Dtsch. Zahnärztl. Z. 16, 716 (1961)

S E R I E 0

Meßergebnisse am
Ausgangsmodell (Stahlmodell)

A	B	C	D	$\overline{AD}$	$\overline{BC}$
2,007	3,099	18,480	19,867	17,860	15,381
1,921	3,054	18,429	19,783	17,862	15,375
2,692	3,815	18,429	19,783	17,862	15,379
2,637	3,752	19,123	20,494	17,857	15,371
1,516	2,641	18,006	19,376	17,860	15,365
1,521	2,637	18,006	19,380	17,859	15,369
				17,8601	15,3733
				$s - \pm 0{,}005$	$s - \pm 0{,}005$

S E R I E 1

Optosil plus / Xantopren plus
Korrekturabdruck ohne Abflußrillen

A	B	C	D	$\overline{AD}$	$\overline{BC}$
2,478	3,793	19,208	20,371	17,893	15,415
1,929	3,048	18,447	19,841	17,912	15,399
2,293	3,485	18,867	20,193	17,900	15,382
1,830	2,971	18,383	19,749	17,919	15,412
2,044	3,183	18,592	19,947	17,903	15,409
2,074	3,198	18,595	19,984	17,914	15,397
1,734	3,104	18,487	19,631	17,897	15,383
1,896	3,260	18,644	19,802	17,906	15,384
2,951	4,118	19,517	20,875	17,924	15,399
2,521	3,663	19,055	20,443	17,922	15,392
				17,909	15,3972
				$s-\pm$ 0,009	$s-\pm$ 0,011

S E R I E 2

Optosil plus / Xantopren plus
Korrekturabdruck mit Abflußrillen

A	B	C	D	$\overline{AD}$	$\overline{BC}$
1,904	3,262	18,639	19,781	17,877	15,373
3,286	4,397	19,806	21,173	17,887	15,409
3,266	4,411	19,810	21,138	17,872	15,399
2,912	4,053	19,437	20,788	17,876	15,384
1,959	3,163	18,539	19,913	17,954	15,376
1,644	2,773	18,171	19,543	17,899	15,398
1,728	3,079	18,477	19,627	17,899	15,368
2,936	4,315	19,728	20,848	17,912	15,413
2,282	3,451	18,851	20,181	17,899	15,400
2,205	3,352	18,749	20,101	17,896	15,397
				17,8971	15,3917
				s - $\pm$ 0,023	s - $\pm$ 0,015

SERIE 3

Optosil plus / Xantopren plus
Doppelmischabdruck

A	B	C	D	$\overline{AD}$	$\overline{BC}$
1,841	3,214	18,577	18,720	17,879	15,363
2,391	3,519	18,890	20,277	17,896	15,371
1,711	2,856	18,227	19,614	17,903	15,371
1,810	2,947	18,320	19,698	17,888	15,373
1,169	2,854	18,226	19,617	17,948	15,372
1,663	2,790	18,158	19,568	17,905	15,368
2,156	3,528	18,894	20,037	17,881	15,366
2,324	3,499	18,868	20,219	17,895	15,369
2,037	3,135	18,541	19,914	17,877	15,366
2,098	3,213	18,584	19,964	17,866	15,371
				17,8938	15,3690
				$s = \pm$ 0,022	$s = \pm$ 0,004

S E R I E 4

Silaplast neu / Silasoft neu
Doppelmischabdruck

A	B	C	D	$\overline{AD}$	$\overline{BC}$
2,105	3,258	18,656	20,025	17,920	15,398
2,191	3,348	18,749	20,105	17,914	15,401
1,656	2,780	18,215	19,536	17,880	15,435
1,869	3,040	18,426	19,759	17,890	15,386
2,338	3,478	18,859	20,231	17,893	15,381
1,478	2,630	18,033	19,383	17,905	15,403
0,650	1,989	17,412	18,573	17,923	15,423
1,887	3,208	18,606	19,777	17,890	15,398
2,092	3,229	18,651	19,984	17,892	15,422
2,550	3,703	19,078	20,440	17,890	15,375
				17,899	15,4022
				s - ± 0,014	s - ± 0,019

SERIE 5

Silaplast neu / Silasoft neu
Korrekturabdruck mit Abflußrillen

A	B	C	D	$\overline{AD}$	$\overline{BC}$
2,066	3,208	18,599	19,956	17,890	15,391
2,553	3,702	19,094	20,446	17,983	15,392
2,518	3,623	19,006	20,407	17,889	15,384
2,176	3,310	18,702	20,059	17,883	15,392
3,468	4,579	19,978	21,355	17,887	15,399
2,278	3,399	18,784	20,174	17,896	15,385
1,830	3,179	18,572	19,722	17,892	15,393
2,043	3,410	18,800	19,939	17,896	15,390
2,063	3,207	18,589	19,968	17,905	15,382
2,138	3,295	18,626	20,030	17,892	15,331
				17,9013	15,3839
				s - ± 0,029	s - ± 0,019

S E R I E 6

Silaplast neu / Silasoft neu
Korrekturabdruck ohne Abflußrillen

A	B	C	D	$\overline{AD}$	$\overline{BC}$
2,094	3,479	18,861	20,057	17,961	15,382
1,866	3,029	18,441	19,817	17,951	15,412
1,382	2,533	17,939	19,313	17,931	15,406
1,274	2,409	17,801	19,196	17,925	15,392
1,873	3,066	18,492	19,923	18,050	15,424
1,920	3,078	18,473	19,885	17,965	15,395
1,305	2,692	18,097	19,274	17,969	15,405
1,649	3,029	18,429	19,604	17,955	15,400
1,834	2,967	18,367	19,736	17,902	15,400
2,123	3,266	18,681	20,048	17,925	15,415
				17,9534	15,4031
				s - ± 0,04	s - ± 0,012

S E R I E 7

Delicron
Doppelmischabdruck

A	B	C	D	$\overline{AD}$	$\overline{BC}$
1,943	3,302	18,689	19,812	17,869	15,387
2,113	3,260	18,645	20,012	17,899	15,385
1,836	2,948	18,340	19,714	17,878	15,392
1,360	2,486	17,878	19,249	17,889	15,392
1,370	2,518	17,912	19,251	17,881	15,394
2,010	3,133	18,532	19,902	17,892	15,399
1,337	2,688	18,074	19,209	17,872	15,386
1,264	2,617	17,995	19,142	17,878	15,378
1,774	2,912	18,297	19,665	17,891	15,385
1,781	2,917	18,291	19,653	17,872	15,374
				17,8821	15,3881
				s- ± 0,008	s - ± 0,005

S E R I E 8

Siccoform
Einphasenabdruck

A	B	C	D	$\overline{AD}$	$\overline{BC}$
1,568	2,861	18,249	19,428	17,860	15,388
1,942	3,056	18,438	19,807	17,865	15,382
1,552	2,677	18,058	19,418	17,866	15,381
1,893	3,016	18,398	19,753	17,860	15,382
2,033	3,156	18,534	19,894	17,861	15,378
2,173	3,298	18,678	20,035	17,862	15,380
1,942	3,236	18,618	19,806	17,864	15,382
1,958	3,304	18,684	19,819	17,861	15,380
1,878	2,993	18,379	19,745	17,867	15,386
1,870	2,996	18,377	19,733	17,863	15,381
				17,8629	15,3820
				s = ± 0,006	s = ± 0,003

S E R I E 9

Zafo / Microsil
Doppelmischdruck

A	B	C	D	$\overline{AD}$	$\overline{BC}$
1,977	3,085	18,459	19,837	17,860	15,374
1,816	1,942	18,317	19,678	17,862	15,375
1,920	3,036	18,398	19,778	17,858	15,362
1,828	2,951	18,321	19,683	17,855	15,370
2,424	3,558	18,927	20,286	17,862	15,369
2,342	3,462	18,831	20,204	17,862	15,369
2,081	3,419	18,796	19,945	17,864	15,377
2,008	3,369	18,732	19,863	17,855	15,363
2,013	3,126	18,505	19,878	17,865	15,379
1,950	3,083	18,445	19,810	17,860	15,362
				17,8603	15,3700
				s - ± 0,003	s - ± 0,003

S E R I E 10

Permagum

Doppelmischabdruck

A	B	C	D	$\overline{AD}$	$\overline{BC}$
1,911	3,264	18,637	19,775	17,864	15,373
1,905	3,047	18,415	19,767	17,862	15,368
1,949	3,054	18,417	19,807	17,858	15,363
1,851	2,973	18,342	19,708	17,857	15,369
1,714	2,847	18,180	19,561	17,847	15,333
1,635	2,770	18,142	19,490	17,855	15,372
1,990	3,115	18,488	19,845	17,855	15,373
1,605	2,956	18,325	19,461	17,856	15,369
1,916	3,046	18,409	19,772	17,856	15,363
2,143	3,260	18,622	20,000	17,857	15,362
				17,8567	15,3645
				s - ± 0,004	s - ± 0,01

Herrn Professor Dr. K. Lehmann, Leiter der Abteilung für Vorklinische Prothetik an dem Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Philipps-Universität Marburg, danke ich für die Überlassung des Themas und für die freundliche Unterstützung.

Das Correferat übernahm Professor Dr. G. Ahrens.

Frau Annette Kreuzberger danke ich für die Anfertigung des fotographischen Materials.

Lebenslauf

Lindemann, Johannes, geboren

1948 am 12. April in Gelsenkirchen-Horst

1954 Einschulung in die Volksschule in Essen-Altenessen

1959 Wechsel zum Leibnitz-Gymnasium in Essen-Altenessen

1967 Ablegen der Reifeprüfung am Leibnitz-Gymnasium in Essen-Altenessen

1967 Beginn des Studiums an der Philipps-Universität Marburg

1973 Ablegen des Staatsexamens im Fach Zahnheilkunde an der Philipps-Universität in Marburg und Erhalt der Approbation

1973 Aufnahme der Tätigkeit in einer zahnärztlichen Praxis

1975 Aufnahme der Tätigkeit als Wissenschaftler Bediensteter in der Abteilung für Vorklinische Prothetik an dem Zemtrum für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten an der Philipps-Universität Marburg

1978 Tätigkeit in einer zahnärztlichen Praxis

Seit Januar 1979 Gemeinschaftspraxis mit Zahnarzt Meinolf Nagel

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren Professoren und Dozenten an der Philipps-Universität in Marburg/Lahn

Amon, Castenholz, Dimroth, Fuchs, Karlson, Köcke, Mahr, Nöth, Petry, Rohen, Rosemann, Walcher,

Dölle, Haan, Goebell, Hort, Keil, Korb, Niemeyer, Riecken, Rupec, Schiff, Seidel,

Bernhardt, Hennis, Hering, Heuser, Janke, Pantke, Pfütz, Schmidt, Schnell.